

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-123084

(43)公開日 平成10年(1998)5月15日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 N 27/12

識別記号

F I

G 0 1 N 27/12

C

審査請求 未請求 請求項の数8 書面 (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-114152

(22)出願日 平成9年(1997)3月27日

(31)優先権主張番号 特願平8-244292

(32)優先日 平8(1996)8月26日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000225670

南 内嗣

石川県金沢市八日市2丁目449-3

(71)出願人 000169813

高田 新三

石川県石川郡野々市町柳町110番地2

(72)発明者 南 内嗣

石川県金沢市八日市2丁目449の3

(72)発明者 宮田 俊弘

石川県金沢市高島2丁目73番地1号

(72)発明者 高田 新三

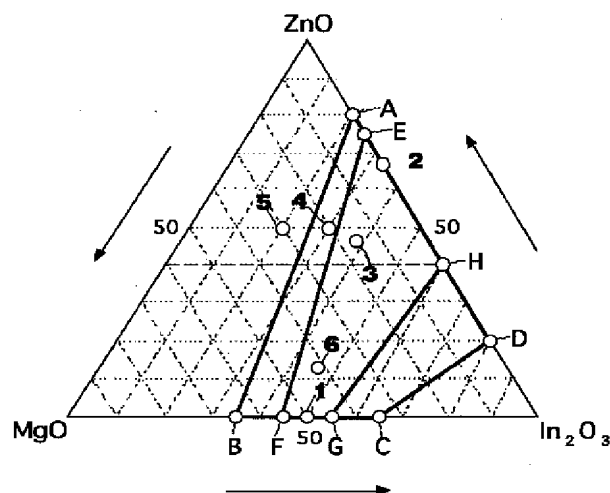
石川県石川郡野々市町柳町110番地の2

(54)【発明の名称】 半導体ガスセンサ

(57)【要約】

【目的】本発明は、構造が簡単で、安全に、安価に、かつ、容易に製造でき、塩素、フッ素並びにオゾンガスに対し、高い感度と優れたガス選択性を示す半導体ガスセンサを提供することを目的とする。

【構成】本発明になる半導体ガスセンサは、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)またはインジウム(In)、もしくはMgおよびIn、あるいはZnおよびInから成る酸化インジウムをベースとする複合金属酸化物、即ち、該酸化物がMgO-In₂O₃、ZnO-In₂O₃系あるいはMgO-ZnO-In₂O₃系複合金属酸化物で、[図1]で示される組成領域ABCDで囲まれた少なくとも1種のIn₂O₃成分を含む、複合酸化物、もしくはこれらの成分元素以外の、少なくとも1種の元素を少量添加してなる該複合金属酸化物から構成することにより達成できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)およびインジウム(In)、もしくはZnおよびIn、あるいはMgおよびInから成る酸化インジウムをベースとする複合金属酸化物を用いた、塩素、フッ素およびオゾンガスに対して著しい抵抗増加を示すことを特徴とする半導体ガスセンサ。

【請求項2】請求項1記載の複合金属酸化物が、 $MgO-In_2O_3$ 系、 $ZnO-In_2O_3$ 系、あるいは $MgO-ZnO-In_2O_3$ 系から成る、塩素、フッ素およびオゾンガスに対して著しい抵抗増加を示すことを特徴とする半導体ガスセンサ。

【請求項3】請求項2記載の $MgO-ZnO-In_2O_3$ 系複合金属酸化物が〔図1〕中の組成領域ABCD、好ましくはEFGHで囲まれた成分組成から成る、塩素およびフッ素ガスに対して著しい抵抗増加を示すことを特徴とする半導体ガスセンサ。

【請求項4】請求項2記載の $MgO-ZnO-In_2O_3$ 系複合金属酸化物が〔図1〕中の組成領域ABCD、好ましくはEFGHで囲まれた成分組成から成る、オゾンガスに対して著しい抵抗増加を示すことを特徴とする半導体ガスセンサ。

【請求項5】請求項1、2、3あるいは4記載の複合金属酸化物が、該酸化物に成分元素以外の少なくとも1種以上の任意の元素を少量添加して成る、塩素、フッ素およびオゾンガスに対して著しい抵抗増加を示すことを特徴とする半導体ガスセンサ。

【請求項6】請求項1、2、3、4あるいは5記載の複合金属酸化物が非晶質から成る、塩素、フッ素およびオゾンガスに対して著しい抵抗増加を示すことを特徴とする半導体ガスセンサ。

【請求項7】各種建築物、産業機器、工業材料あるいは生物を有害な塩素およびフッ素ガスによる被害から守るための該ガス検知用あるいは計測用として、または各種化学製品の製造・合成プロセスにおいて、主に、もしくは副次的に産する該ガスの検知用あるいは計測用ガスセンサを製造するために使用される請求項1、2、3、5または6記載の半導体ガスセンサ。

【請求項8】各種化学製品・医薬品ならびに食品の製造・合成プロセスや上下水道施設における殺菌・衛生管理等において主に使用されるオゾンガスの検知用あるいは計測用として、または地球上に生息するすべての生物を有害な紫外線から守る効果がある大気中のオゾン層の監視モニター用として使用される請求項1、2、4、5または6記載の半導体ガスセンサ。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明はガスセンサに関する。

【0002】

【従来の方法】現在、塩素およびフッ素ガスの検出に

は、紫外線吸収、化学発光並びに化学反応を利用した方法が主に用いられている。また、オゾンガスの検出には、赤外線吸収分光法や化学反応を利用した方法が主に用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする問題点】しかしながら、この種のガスセンサは、現在、家庭用のプロパンガス検出器等に用いられている金属酸化物(例えば、酸化錫など)を主原料に用いた半導体ガスセンサに比べると構造が複雑、かつ大型で非常に高価であるため幅広く普及するに至っていない。一方、半導体ガスセンサにおいては、主として可燃性ガスに対して検出感度があることが知られているが、塩素およびフッ素ガスに対して実用的な検出感度を示し、かつ優れたガス選択性を有するガスセンサは実現していない。そのため、各種建築物、産業機器、工業材料あるいは生物を有害な塩素およびフッ素ガスによる被害から守るための該ガス検知用もしくは計測用として、または各種化学製品の製造・合成プロセスにおいて主に、もしくは副次的に産する該ガスの検知用もしくは計測用として安価で高い感度と優れたガス選択性を持つ塩素およびフッ素ガスセンサの実現が切望されている。一方、オゾンガスに対して実用的な検出感度を示し、かつ優れたガス選択性を有する半導体ガスセンサもまた実現していない。そのため、各種化学製品・医薬品ならびに食品の製造・合成プロセスや上下水道施設における殺菌・衛生管理等において主に使用される該ガスの検知用あるいは計測用として、または地球上に生息するすべての生物を有害な紫外線から守る効果がある大気中のオゾン層の監視モニター用として安価で高い感度と優れたガス選択性を持つオゾンガスセンサの実現が切望されている。本発明は、構造が簡単で、安全に、安価に、かつ、容易に製造でき、塩素、フッ素およびオゾンガスに対し、高い感度と優れたガス選択性を示す半導体ガスセンサを提供することを目的とする。

【0004】

【問題点を解決するための手段】本発明に成る半導体ガスセンサは、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)およびインジウム(In)、もしくはMgおよびIn、あるいはZnおよびInから成る酸化インジウムをベースとする複合金属酸化物、即ち、該酸化物が $MgO-In_2O_3$ 系、および $ZnO-In_2O_3$ 系を含んだ、 $MgO-ZnO-In_2O_3$ 系複合金属酸化物で、〔図1〕で示される組成領域ABCDで囲まれた酸化インジウムをベースとする、複合金属酸化物、もしくは、これらの成分元素以外の、少なくとも1種の元素を少量添加してなる該酸化物から構成することにより達成できる。尚、該少量添加物としてガリウム(Ga)、アルミニウム(Al)、錫(Sn)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)等が特に効果的であった。該酸化物は、薄膜、厚膜、焼結体など任意の形状で利用でき、また単結晶、多結晶ま

たは非晶質等の任意の材料形態で用いることが出来るが、好ましくは結晶質より非晶質で用いる。本発明に成る半導体ガスセンサを構成する複合金属酸化物は、公知の合成法、製造法により実現できる。

【図1】

【0005】

【作用】本発明に成る半導体ガスセンサは、塩素、フッ素およびオゾンガスの接触に対して電気抵抗が著しく増大する。一方、他のガス、例えば、水素、メタン、ヘキサン、ブタンあるいはプロパン等の可燃性ガス、またはアセトンやアルコール等の有機揮発性ガスに対しては、逆に抵抗の減少を示す。また、塩素、フッ素およびオゾンガスの接触に対して最も顕著な電気抵抗の増大を示す該複合金属酸化物の組成がそれぞれ異なるという特徴を有する。したがって、本発明に成る該ガスセンサはセンサの抵抗値の増減によりガスの種類を識別可能な極めて優れたガス選択性を有するのみならず、該複合金属酸化物の組成を制御することにより、センサのガス選択性を制御できるという特徴を持つ。本発明に成る該ガスセンサで採用した、酸化インジウムをベースとしたII族元素を含む、例えば $MgO \cdot In_2O_3$ 、 $ZnO \cdot In_2O_3$ 、あるいは $MgO \cdot ZnO \cdot In_2O_3$ 系複合金属酸化物は、真性格子欠陥に起因すると考えられる自由電子による導電性を有している。空気中で200～400℃程度に加熱された該酸化物表面には大気中の酸素ガスが吸着して、電子トラップとして機能し、該酸化物の抵抗を増加させる。このような状態の該酸化物表面が塩素、フッ素もしくはオゾンガスに曝されると、塩素、フッ素もしくはオゾンが分解することにより生成する極めて強い酸化作用を有する原子状酸素が、激しく吸着して電子トラップとして機能し、該酸化物中の自由電子密度を減少させるため、著しく高抵抗化するという顕著な作用効果が認められた。一方、可燃性ガスに曝された場合では、該ガスの還元作用により該酸化物表面に吸着した酸素を脱着させるため、抵抗が減少する。該酸化物表面に吸着した塩素もしくはフッ素は、空気中の水分等と結合し、それぞれHClもしくはHFガスの形で脱着し、また、吸着した原子状酸素は、空気中の水分等と結合し、 H_2O の形で脱着して、電子トラップとしての機能が低下することにより初期状態に戻る。しかし、再び塩素、フッ素もしくはオゾンガスが分解することにより生成する原子状酸素が吸着すると電子トラップとしての機能が高まり、上述のプロセスを繰り返す。該酸化物に成分元素以外の、少なくとも1種の元素、例えばAl、Ga、Sn、PtあるいはPd等を添加することは、表面での分解反応の促進あるいは粒界表面の活性化や、また非晶質化に寄与し、それらの効果に加え、表面活性化の作用のため塩素もしくは原子状酸素が吸着機能が顕著になると考えられる。上述したこれらの作用効果は、塩素およびフッ素ガスに対しては、[図1]の組成領域AB

CD、好ましくはEFGHで囲まれた成分を有する該複合金属酸化物の中でも、特に、 $ZnO \cdot In_2O_3$ 系組成である $2ZnO \cdot In_2O_3$ の量が $MgO \cdot In_2O_3$ 系組成である $MgO \cdot In_2O_3$ に対して30～85、好ましくは40～80mol%含有して成る該複合金属酸化物において顕著であった。一方、オゾンガスに対しては特に、 $MgO \cdot In_2O_3$ 系組成である $MgO \cdot In_2O_3$ が $ZnO \cdot In_2O_3$ 系組成である $2ZnO \cdot In_2O_3$ に対して70～95、好ましくは80～90mol%含有して成る該複合金属酸化物において顕著であった。即ち、上述の組成に対応する該複合金属酸化物の金属元素組成比の範囲ABCD、好ましくはEFGHで作用効果が顕著であった。以下に本発明を実施例により説明する。

【0006】

【実施例1】 MgO および In_2O_3 を原料として用い、 In_2O_3 原子に対して約50mol%の MgO を含有するように両者の粉末を混合し、それをアルゴン(Ar)ガス雰囲気中1000℃にて焼成し、[図1]の組成1に示される酸化インジウムマグネシウム($MgO \cdot In_2O_3$)粉末を製造する。次に ZnO および In_2O_3 を原料として用い、 In_2O_3 に対して約66.7mol%の ZnO を含有するように両者の粉末を混合し、それをArガス雰囲気中1000℃にて焼成し[同図]の組成2に示される酸化インジウム亜鉛($2ZnO \cdot In_2O_3$)粉末を作製する。該 $MgO \cdot In_2O_3$ 粉末と該 $2ZnO \cdot In_2O_3$ 粉末を用い、 $2ZnO \cdot In_2O_3$ 粉末に対して、 $MgO \cdot In_2O_3$ 粉末を40mol%混入した混合粉末をArガス雰囲気中1000℃にて焼成して製造した[同図]の組成3に示される酸化インジウムマグネシウム亜鉛($2MgO \cdot 6ZnO \cdot 5In_2O_3$)粉末もしくは焼結体をターゲットとして用いて高周波マグネトロンスパッタ装置によりガラス基板上に複合金属酸化物薄膜 $2MgO \cdot 6ZnO \cdot 5In_2O_3$ を形成した。尚、この薄膜の金属元素組成比は該ターゲットの組成比とほぼ同じであることがエレクトロンプローブマイクロアナライザ(EPMA)により確認された。また、該膜はX線回折測定により非晶質であることがわかった。該酸化物薄膜の抵抗率は $4 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ という低い値であった。この膜の表面にスパッタ法で金電極を形成し、ガスセンサを製作した。空気中300℃で作動させた該ガスセンサを、約350ppmのメタンおよび80ppmの塩素ガスに曝した時、該ガスセンサは、メタンガスに対しては抵抗減少を示し、塩素ガスに対しては極めて大きな抵抗増大を示した。各々の感度は+80%(+は抵抗減少を示す)、-11000%(-は抵抗増加を示す)であった。それらの結果を[表1]に示す。さらに前述の $MgO \cdot In_2O_3$ ([図1]の組成1)複合金属酸化物薄膜から成るセンサや、 $2ZnO \cdot In_2O_3$ ([図1]の組成2)

複合金属酸化物薄膜から成るセンサにおいても同様の傾向が認められ、感度は塩素ガスに対する場合で、各ター120%、-130%であった。これらの結果は、本発明に係わるガスセンサが、塩素ガスに対して極めて高い感度と優れたガス選択性を持つことを示している。[図2]に塩素ガス(濃度50、1、0.5、0.2ppm)に対する応答特性を示す。同図から、該センサが塩素ガスに対して極めて高い感度を有し、かつ速い応答を示すことがわかる。また、[図3]には、塩素ガスに対するセンサ素子感度の塩素ガス濃度依存性を示す。塩素

濃度約0.1~50ppmの範囲では、塩素ガス濃度の増加とともに感度は上昇した。ここで、感度は、ガスに接触させる前のセンサの抵抗値を R_0 、ガスに接触させた後の抵抗値を R とし、各ガスに対する感度 S を $S = \{1(R_0 - R)/R_0\} \times 100\%$ として求めた。ここで、 R の値が R_0 に対して増加する場合の感度 S は負、減少する場合のそれを正として表記した。一方、該ガスセンサをフッ素ガスに曝した場合は、塩素ガスに曝した場合とほぼ同様なガス検出特性が得られた。

表1

	メタン	塩素
2MgO・6ZnO・5In ₂ O ₃	+80%	-11000%

【図2】

【図3】

【0007】

【実施例2】MgO、ZnOおよびIn₂O₃をそれぞれ20、50および30mol%含有するように均一に混合し、それらをアルゴン(Ar)ガス雰囲気中1000℃にて焼成し[図1]の組成4で示される酸化インジウムマグネシウム亜鉛(2MgO・5ZnO・3In₂O₃)粉末を作製する。次に該粉末をターゲットとして用いて高周波マグネトロンスパッタ装置によりガラス基板上に2MgO・5ZnO・3In₂O₃複合金属酸化物膜を形成した。尚、この膜の金属組成比は該ターゲット金属組成比とほぼ同じであることがEPMAにより確

認された。該酸化物膜の抵抗率は約 $9 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ という低い値であった。この膜の表面にスパッタ法で金電極を形成し、ガスセンサを作製した。空气中、300℃で作動させた該センサに、約350ppmのメタンガスおよび80ppmの塩素ガスを接触させたときのメタンおよび塩素ガスに対する感度を[表2]に示す。ガスの接触に対し、該センサは、メタンガスに対しては抵抗減少を示し、塩素ガスに対しては大きな抵抗増大を示した。これらの結果は、前記実施例同様、本発明に係るガスセンサが、塩素ガスに対して高い感度と優れたガス選択性を持つことを示している。一方、該ガスセンサをフッ素ガスに曝した場合は、塩素ガスに曝した場合とほぼ同様なガス検出特性が得られた。

表2

	メタン	塩素
2MgO・5ZnO・3In ₂ O ₃	80%	-900%

【0008】

【実施例3】MgO、ZnOおよびIn₂O₃を、それぞれ30、50および20mol%含有するように均一に混合し、Arガス雰囲気中1000℃で焼成し、[図1]の組成5で示される酸化マグネシウムインジウム亜鉛(3MgO・5ZnO・2In₂O₃)粉末を作製した。該粉末をターゲットとして用いて高周波マグネトロンスパッタ装置によりガラス基板上に3MgO・5ZnO・2In₂O₃複合金属酸化物膜を形成した。この膜の金属組成比は該ターゲットの金属組成比とほぼ同じで

あることがEPMAにより確認された。該複合金属酸化物膜の抵抗率は $2 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ 程度であった。この素子を空气中約300℃で作動させ、約300ppmの各種被検ガスに曝したところ、[表3]に示すように該センサは塩素ガスに対して顕著な抵抗増大を示し、他のガス、例えば水素、メタン、ブタン、メタノール等の可燃性ガスに対しては抵抗減少を呈し、優れたガス選択性を持つことがわかった。一方、該ガスセンサをフッ素ガスに曝した場合は、塩素ガスに曝した場合とほぼ同様なガス検出特性が得られた。

表3

	水素	メタン	ブタン
$3\text{MgO} \cdot 5\text{ZnO} \cdot 2\text{In}_2\text{O}_3$	+80%	+75%	+17%
塩素	メタノール		
-130%	30%		

【0009】

【実施例4】前述した〔図1〕の組成3と同じ組成の酸化インジウムマグネシウム亜鉛（ $2\text{MgO} \cdot 6\text{ZnO} \cdot 5\text{In}_2\text{O}_3$ ）粉末をターゲットとし、レーザアブレーション法を用いて作製した $2\text{MgO} \cdot 6\text{ZnO} \cdot 5\text{In}_2\text{O}_3$ 非晶質複合金属酸化物膜から成るセンサ素子を作製した。該酸化物膜の抵抗率は $5.5 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 程度であった。この素子を空気中約350℃で作動させ、約80ppmの塩素ガスおよび約300ppmの実施例3で述べた可燃性ガスに曝したところ、該センサは塩素ガスに対して顕著な抵抗増大を示し、他のガスに対しては抵抗減少を示すという感度特性を呈し、前記同様高い感度と優れたガス選択性を持つことが明かになった。尚、塩素に対する感度は-1900%であった。また、他の可燃性ガスに対する感度は前記実施例3とほぼ同様であり、フッ素ガスに対するガス検出特性は塩素ガスの場合とほぼ同様であった。

【0010】

【実施例5】 MgO 、 ZnO および In_2O_3 をそれぞれ20、50および30mol%含有するように均一に混合し、Arガス雰囲気中1000℃で焼成し、〔図1〕の組成4で示される酸化マグネシウムインジウム亜鉛から成る複合金属酸化物粉末を作製した。該粉末にポリビニルブチラール（PVB）、ポリエチレングリコール（PEG）、トルエン、エタノールを9：4：52：35の比率で添加、混合し、粉碎後スラリーを作製した。これを用いて外形 $2 \times 5 \times 10 \text{mm}$ の大きさに焼結したセラミックセンサを作製した。該セラミックの抵抗率は $2 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ 程度であった。この素子を空気中約275℃に加熱保持し、約300ppmの塩素ガスに曝したところ、該センサは塩素ガスに対して-1020%という顕著な抵抗増加を示し、他のガス、例えば可燃性ガスに対しては抵抗減少を示すという前記同様の結果が得られ、優れたガス選択性を持つことがわかった。尚、該複合金属酸化物に約2.0%のGaを少量添加して作製したセンサでは、塩素に対する感度が上記の約2倍に達した。添加元素としてAl、Sn、Ptあるいは

Pdを添加した場合でもGaの場合とほぼ同様の結果が得られた。またフッ素ガスに対するガス検出特性は塩素ガスの場合とほぼ同様であった。

【0011】

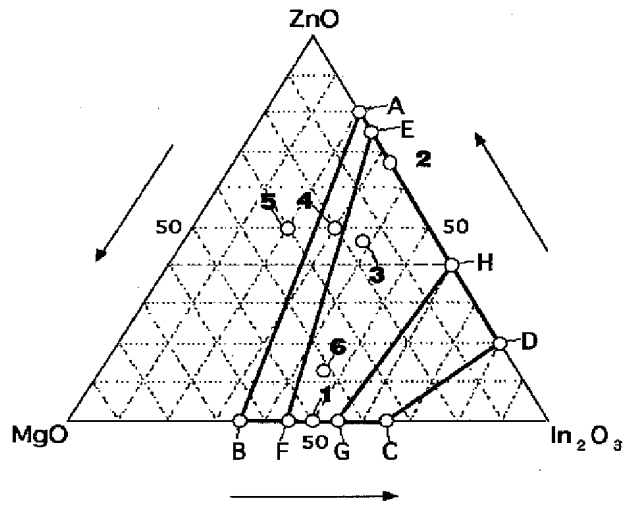
【実施例6】 MgO および In_2O_3 を原料として用い、 In_2O_3 原子に対して約50mol%の MgO を含有するように両者の粉末を混合し、それをアルゴン（Ar）ガス雰囲気中1000℃にて焼成し、〔図1〕の組成6に示される酸化インジウムマグネシウム（ $\text{MgO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ ）粉末を製造する。次に ZnO および In_2O_3 を原料として用い、 In_2O_3 に対して約66.7mol%の ZnO を含有するように両者の粉末を混合し、それをArガス雰囲気中1000℃にて焼成し〔同図〕の組成2に示される酸化インジウム亜鉛（ $2\text{ZnO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ ）粉末を作製する。該 $\text{MgO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ 粉末と該 $2\text{ZnO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ 粉末を用い、 $2\text{ZnO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ 粉末に対して $\text{MgO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ 粉末を80mol%混入した混合粉末をArガス雰囲気中1000℃にて焼成して製造した〔同図〕の組成6に示される酸化インジウムマグネシウム亜鉛（ $4\text{MgO} \cdot 2\text{ZnO} \cdot 5\text{In}_2\text{O}_3$ ）粉末もしくは焼結体をターゲットとして用いて高周波マグネトロンスパッタ装置によりガラス基板上に複合金属酸化物薄膜 $4\text{MgO} \cdot 2\text{ZnO} \cdot 5\text{In}_2\text{O}_3$ を形成した。尚、この薄膜の金属元素組成比は該ターゲットの組成比とほぼ同じであることがエレクトロンプローブマイクロアナライザ（EPMA）により確認された。また、該膜はX線回折測定により非晶質であることがわかった。該酸化物薄膜の抵抗率は $9 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ という低い値であった。この膜の表面にスパッタ法で金電極を形成し、ガスセンサを製作した。空気中275℃で作動させた該センサを、約1ppmのオゾンガスに曝した時、該センサは、極めて大きな抵抗増大を示し、その感度は約-300%であった。それらの結果を〔表1〕に示す。さらに前述の $\text{MgO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ （〔図1〕の組成1）複合金属酸化物薄膜から成るセンサにおいても同様の傾向が認められ、約1ppmのオゾンガスに曝した時、感度は-200%であった。これら

の結果は、本発明に係わるガスセンサが、オゾンガスに対して極めて高い感度と優れたガス選択性を持つことを示している。〔図4〕には、オゾンガスに対するセンサ

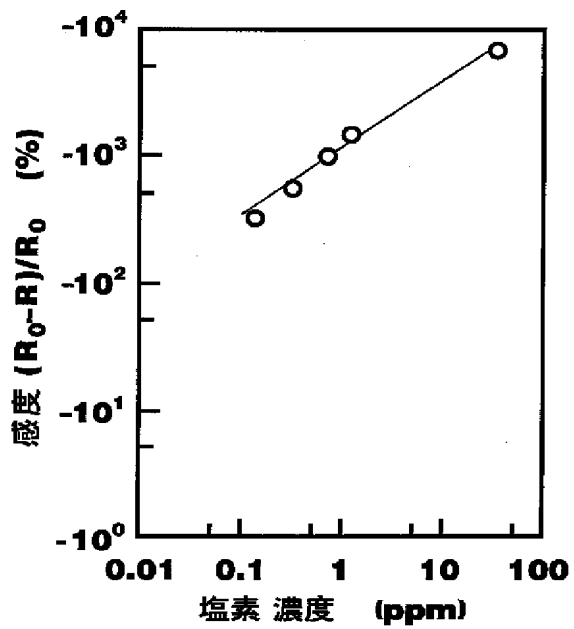
表4

オゾン	
4MgO・2ZnO・5In ₂ O ₃	-300%
<p>【図4】</p> <p>【0012】尚、本発明は上記実施例に限定されるものではない。前述したように、各種の公知の合成法や製造法を利用してほぼ同様の結果が得られる。</p> <p>【発明の効果】本発明に成る該ガスセンサは、亜鉛、マグネシウム、インジウムを含む酸化物を主原料として作製できるため、取り扱いが安全、容易で、構造が簡単しかも安価に製造できるという特徴を有する。さらに、本発明による該ガスセンサは、組成を制御することにより塩素、フッ素およびオゾンガスに対して極めて大きな抵抗増加を示し、他のガスに対しては逆に抵抗減少を示すという従来にない優れたガス選択性を有する。該ガスセンサを用いることにより、各種建築物、産業機器、工業材料あるいは生物を有害な塩素およびフッ素ガスによる被害から守るための該ガス検知用もしくは計測用として、または各種化学製品の製造・合成プロセスにおいて主に、もしくは副次的に産する該ガスの検知用もしくは計測用として顕著な効果を有する塩素およびフッ素ガスセンサとして、また、各種化学製品・医薬品ならびに食品の製造・合成プロセスや上下水道施設における殺菌・衛生管理等において主に使用されるオゾンガスの検知用あるいは計測用として、または地球上に生息するすべての生物を有害な紫外線から守る効果がある大気中のオゾン層の監視モニター用として顕著な効果を有するオゾンガスセンサとして、本発明に成る複合金属酸化物を用いた半導体ガスセンサが最適である。</p> <p>【図面の簡単な説明】</p> <p>【図1】 MgO-ZnO-In₂O₃系複合金属酸化物の組成図(mol%表示)。</p> <p>【符号の説明】</p> <p>A・・・80.0ZnO・20.0In₂O₃</p> <p>B・・・65.0MgO・35.0In₂O₃</p> <p>C・・・35.0MgO・65.0In₂O₃</p> <p>D・・・20.0ZnO・80.0In₂O₃</p> <p>E・・・75.0ZnO・25.0In₂O₃</p> <p>F・・・55.0MgO・45.0In₂O₃</p> <p>G・・・45.0MgO・55.0In₂O₃</p> <p>H・・・40.0ZnO・60.0In₂O₃</p> <p>1・・・50.0MgO・50.0In₂O₃</p> <p>2・・・66.7ZnO・33.3In₂O₃</p> <p>3・・・15.0MgO・48.0ZnO・37.0In₂O₃</p> <p>4・・・20.0MgO・50.0ZnO・30.0In₂O₃</p> <p>5・・・30.0MgO・50.0ZnO・20.0In₂O₃</p> <p>6・・・47.0MgO・16.0ZnO・37.0In₂O₃</p> <p>【図2】 2MgO・6ZnO・5In₂O₃組成を有する複合金属酸化物薄膜センサの塩素ガスに対する応答特性。</p> <p>【符号の説明】</p> <p>7・・・濃度50ppm</p> <p>8・・・濃度1.0ppm</p> <p>9・・・濃度0.5ppm</p> <p>10・・・濃度0.2ppm</p> <p>【図3】 2MgO・6ZnO・5In₂O₃組成を有する複合金属酸化物薄膜センサの塩素ガスに対する感度の塩素ガス濃度依存性。</p> <p>【図4】 4MgO・2ZnO・5In₂O₃組成を有する複合金属酸化物薄膜センサのオゾンガスに対する感度のオゾンガス濃度依存性。</p>	

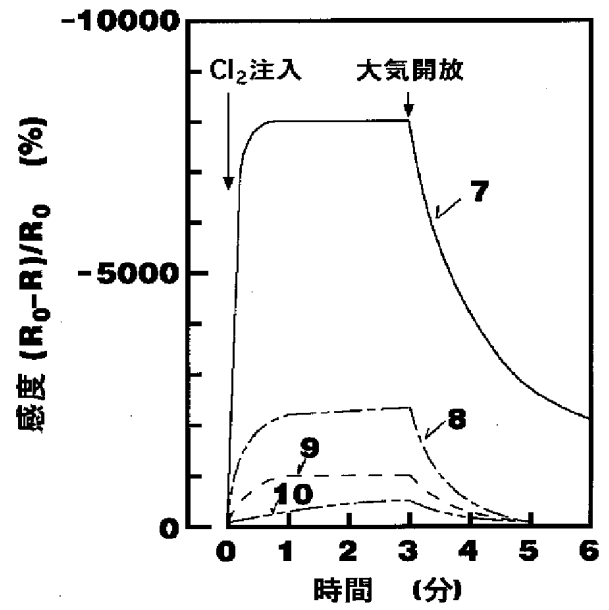
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

